

消費電力量にもとづく簡易削孔検層の検証

(株)福田組 浅妻 貴夫、 荒川 裕太
(株)福田組 正会員 若月 和人、○椎谷 成孝

1. はじめに

ドリルジャンボを用いた削孔検層は、削孔速度および打撃圧等の油圧データを活用して、切羽前方の地山性状を定量的に評価しようとする手法である。得られた結果についての工学的判断に課題が残るが、比較的短時間で探査可能であり、広く活用されている。ただし、削孔検層の実施のためには、ドリルジャンボから油圧データ取得のための計器設置とコストが必要である。

一方で、原位置で岩盤強度を簡易に把握する手法として、ハンドドリルを用いた削孔時の消費電力量にもとづく地山評価手法も考案されている¹⁾。筆者らは、これを山岳トンネルにおける簡易な削孔検層として適用し、その実用性について検証した。

以下、消費電力量にもとづく簡易削孔検層の概要と、実際の施工現場に適用した事例について報告する。

2. 簡易削孔検層の概要

簡易削孔検層の概要を図-1 に示す。ドリルジャンボから取得するデータは消費電力と削孔時間のみであり、特別な設備や改造は必要としていない。

削孔時におけるドリルジャンボの消費電力から算出される削孔エネルギー E_e は、単位削孔体積あたりの消費電力量(=消費電力×時間)として算出され、式(1)のように示される。ここで、 W は削孔に要する消費電力、 W_0 は無負荷状態の回転と打撃による消費電力、 t は削孔時間、 A は削孔径、 L は削孔長である。

$$E_e = \frac{(W - W_0) \cdot t}{A \cdot L} \quad (1)$$

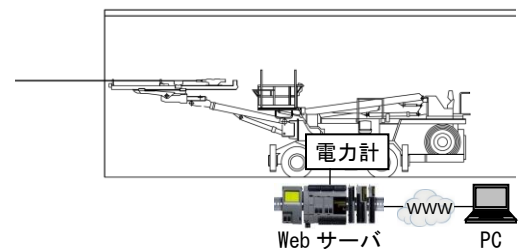


図-1 簡易削孔検層の概要

3. 簡易削孔検層による地山評価

消費電力量にもとづく削孔検層を現場適用した結果について報告する。適用トンネル現場(延長 503m)の地質は付加体であり、スランプ礫岩と称される脆弱で緩みやすい地山である。地山強度不足に伴って、天端および鏡面の自立性が低いため、長尺フォアパイリングおよび長尺鏡ボルトを併用している。さらに、掘削直後から脚部沈下を主体とした坑内変位が卓越することから、補助ベンチ付き全断面掘削工法および早期閉合(閉合距離 8m)を採用している。このような状況から、掘削に先立って地山特性を把握し、各種リスク低減を図ることが重要であることから、トンネル全線にわたって切羽前方探査としてドリルジャンボを用いた削孔検層を実施している。ここでは、当該手法の妥当性を検討するため、以下の検証を行なった。

3.1 油圧データにもとづく削孔エネルギーとの比較

ドリルジャンボの油圧データを用いた削孔検層は、これまでに数多くの施工現場で適用され、切羽前方地山の評価に有効とされている。そこで、油圧データにもとづく削孔エネルギー E_h と消費電力量にもとづく削孔エネルギー E_e とを比較することにより、当該手法の妥当性について検討した。なお、 E_h は打撃圧や打撃数により算出される単位削孔体積あたりの投入打撃エネルギーとした²⁾。

削孔エネルギー算出結果の一例を図-2 および図-3 に示す。ここでは、削孔エネルギーのバラツキをスムージングするため 1m 区間の平均値を示した。 E_e と E_h は、トンネル延長に伴うエネルギー増減の傾向が非常によく一致しており、相関性が強い(相関係数 0.9 以上)。ただし、 E_e は E_h に対して全体的にやや小さな値を示す傾向が見受けられる。現状では、空削孔時の W を無負荷時の W_0 としているが、この W_0 が適切に評価で

キーワード：山岳トンネル、切羽前方探査、削孔検層

連絡先：〒951-8668 新潟市中央区一番堀通町 3 番地 10 TEL：025-266-9117 FAX：025-266-2670

きていない可能性がある。

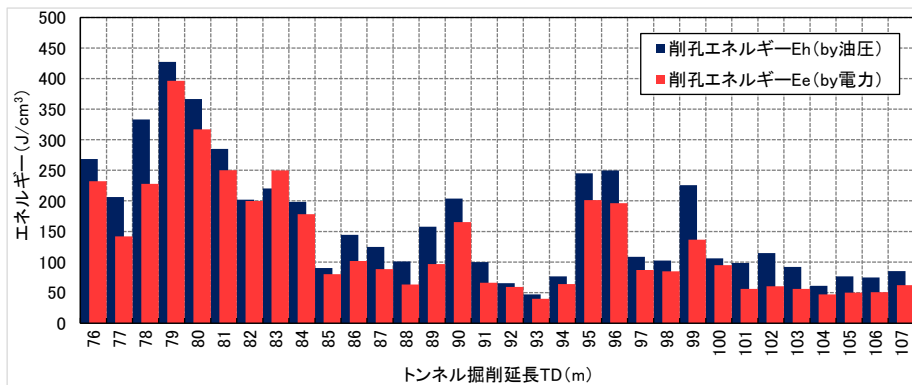


図-2 削孔検層による削孔エネルギー

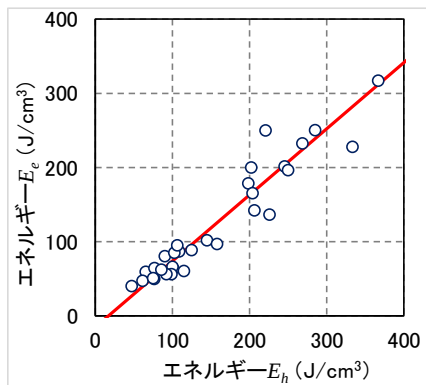


図-3 E_e と E_h との相関

3.2 掘削時の地山状況との対比

図-2の削孔検層区間における代表的な切羽状況を写真-1に示す。ここでは、切羽左側で巨大な安山岩礫が、右側で規模の小さな礫が点在している。これを取り囲む土砂状の粘板岩は性状不良で、軟岩ペネトロ計による推定一軸圧縮強度は $1 \sim 2 \text{ N/mm}^2$ 程度である。削孔検層の実施位置は切羽左側であり、 $\text{TD}=80\text{m}$ あたりのピークは切羽左側の安山岩礫に相当すると見られる。この巨礫は、この後、切羽から消えており、 $\text{TD}=90\text{m}$ あたりのエネルギー減少とおおむね一致している。定性的ではあるが、当該手法の削孔エネルギーは地山性状を反映していると判断できる。



写真-1 切羽状況 ($\text{TD}=80\text{m}$)

3.3 切羽評価点との対比

削孔エネルギー E_e と切羽評価点の対比を図-4に示す。 E_e は礫部を除けばおおむね 100 J/cm^3 程度以下で、切羽評価点は20程度以下で推移しており、変化に乏しい。このため、当該事例のみにおいて両者の間の相関性を見出すことは困難である。ただし、同様の地山状況が続けば E_e も同程度の値を記録し続けているという点で、当該手法でも地山性状を表現できる可能性があることを示唆している。

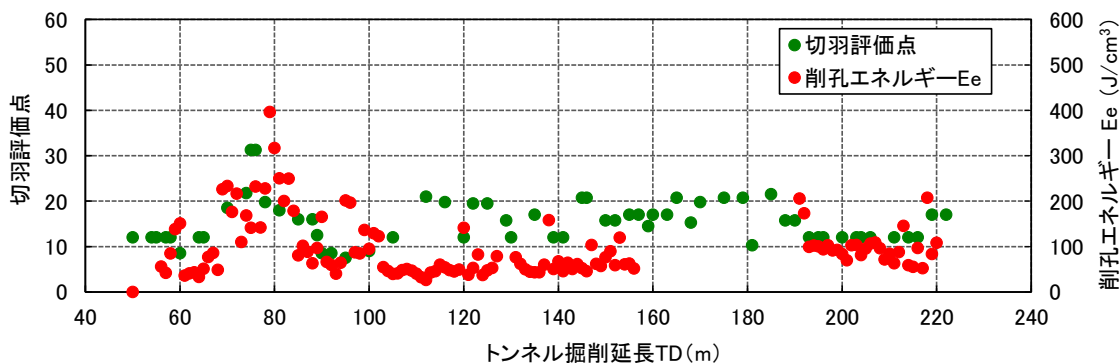


図-4 切羽評価点と削孔エネルギー E_e の対比

4. おわりに

消費電力量にもとづく簡易削孔検層の実用性を確認し、地山性状を定性的に把握できる可能性を確認した。今後の課題は、手法のさらなる検証や測定事例を増やすことで、定量的評価を可能にするとともに、信頼性を確保し、切羽前方探査としての実効性を向上させることであると考えている。

参考文献

- 1) 平野 享、山下 雅之、石山 宏二、福井 勝則：ハンドドリルを応用した掘削体積比エネルギーに基づく坑内岩盤強度測定器の開発、第66回土木学会年次学術講演会講演概要集、3-108、pp.215-216、2011。
- 2) 引間 亮一、石山 宏二、塚田 純一、石井 洋司：堆積軟岩地山における油圧式削岩機を用いた切羽前方探査とボーリングコアとの比較、岩盤力学に関するシンポジウム講演論文集、pp. 238-242、2000。